

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-148508

(43)Date of publication of application : 29.05.2001

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

(21)Application number : 11-330508

(71)Applicant : NICHIA CHEM IND LTD

(22)Date of filing : 19.11.1999

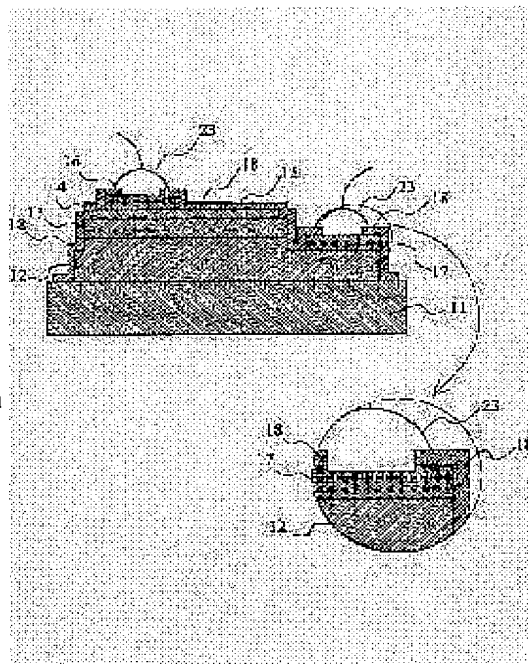
(72)Inventor : TOYODA TATSUNORI

(54) NITRIDE SEMICONDUCTOR DEVICE AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To solve the problem, where it is normally difficult for a nitride semiconductor device to meet requirements such as high performance, annealing controllability, and characteristic uniformity at the same time, so as to provide a nitride semiconductor device which possesses an N-type electrode suitable to these requirements and method of manufacturing the same.

SOLUTION: An electrode is provided on an N-type conductivity nitride semiconductor for the formation of a nitride semiconductor device, where the electrode is of a four-layered structure composed of a first W-containing layer, a second Al-containing layer, a third Pt-containing layer, and a fourth Au or Pt-containing layer, and the electrode is connected electrically through the fourth layer. With this setup, even if the nitride semiconductor device is possessed of an N-type electrode formed of multilayered thin film, diffusion of elements into the N-type electrode can be controlled easily, and the nitride semiconductor device with an N-type electrode which is high in adhesion and excellent in ohmic properties can be obtained.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2001-148508
(P2001-148508A)

(43)公開日 平成13年5月29日(2001.5.29)

(51)Int.Cl.⁷

H 0 1 L 33/00

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

テーマコード(参考)

C 5 F 0 4 1

審査請求 有 請求項の数6 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平11-330508

(22)出願日 平成11年11月19日(1999.11.19)

(71)出願人 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72)発明者 豊田 達憲

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

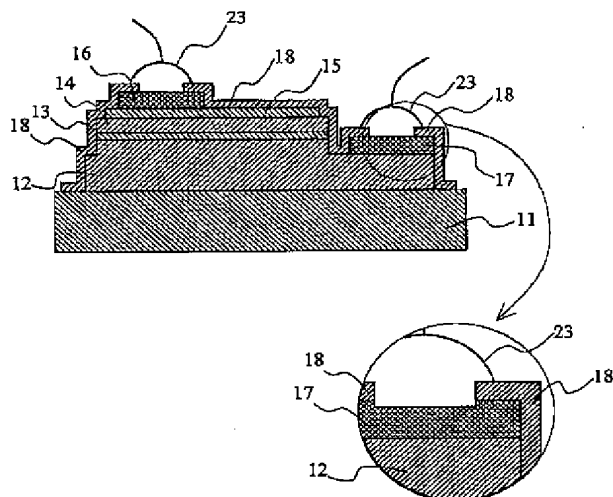
Fターム(参考) 5F041 AA21 AA25 CA40 CA46 CA73
CA74 CA83 CA92 CA98

(54)【発明の名称】 窒化物半導体素子及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】従来の窒化物半導体を用いた素子では、困難であった高機能でありながらアニーリングの制御性に優れ、素子ばらつきの少ないn型電極を有する窒化物半導体素子及びその製造を提供する。

【解決手段】n型導電性を有する窒化物半導体上に、電極が設けられた窒化物半導体素子であって、前記電極が、Wを有する第1の層、該第1の層の上にAlを有する第2の層、該第2の層の上にPtを有する第3の層、該第3の層の上にAu若しくはPtを有する第4の層であると共に、該第4の層でもって前記電極が電氣的に接続されることを特徴とする。このことにより、薄膜の多層膜からなるn型電極を有していても、各元素拡散の制御を容易にし、且つ密着性、オーミック性に優れるn型電極を有する窒化物半導体素子となる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 n型導電性を有する窒化物半導体上に、電極が設けられた窒化物半導体素子であって、前記電極が、Wを有する第1の層、該第1の層の上にAlを有する第2の層、該第2の層の上にPtを有する第3の層、該第3の層の上にAu若しくはPtを有する第4の層であると共に、該第4の層でもって前記電極が電氣的に接続されることを特徴とする窒化物半導体素子。

【請求項2】 前記第2の層と第3の層との間に、W、Cr、Ni、Mo、Tiからなる群から選択される1種の中間層を有することを特徴とする請求項1記載の窒化物半導体素子。

【請求項3】 基体上に、n型導電性を有する窒化物半導体を形成する工程と、該窒化物半導体上に電極として、Wを有する第1の層、該第1の層の上にAlを有する第2の層、W、Cr、Ni、Mo、Tiからなる群から選択される1種の中間層、該中間層の上にPtを有する第3の層、該第3の層の上にAu若しくはPtを有する第4の層、を形成する工程とを具備してなることを特徴とする窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項4】 前記電極を形成した後、該電極のほぼ全面を覆うように第1の保護膜を形成し、該第1の保護膜の上に絶縁性を有する第2の保護膜を形成することを特徴とする請求項3記載の窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項5】 前記第1の保護膜がW、Ti、Cr、Ni、Cu、Alからなる群から選択される少なくとも1つの金属であり、前記第2の保護膜が珪素酸化物若しくは窒素酸化物であることを特徴とする請求項3又は4記載の窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項6】 前記第2の保護膜形成後、前記電極上部から開口部を設けて前記第1の保護膜、第2の保護膜の一部を除去して、前記第4の層を露出させることを特徴とする請求項4又は5記載の窒化物半導体素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、紫外域光から赤色光が発光可能な発光ダイオード及びレーザーダイオードに用いることができる発光素子、フォトダイオード、太陽電池などの受光素子に使用され、窒化物半導体（一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ 、但し、 $0 \leq x \leq y$ 、 $x+y \leq 1$ ）を用いた素子に係り、特にn導電性を有する窒化物半導体と良好なオーミック接触をする電極を有する窒化物半導体素子及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 窒化物半導体を用いた素子（以下、窒化物半導体素子という）は、その半導体の特性から、紫外域から赤色までの波長の光を発光可能な発光ダイオード、DVDなどの光記録媒体の高密度化の光源として半導体レーザ、さらには発光素子以外の素子へもその応用

は及ぶものとして、期待が高まっている。

【0003】 この様なLEDを含めて窒化物半導体素子は順方向電圧を下げるため、半導体層と各電極との間に好ましいオーミック接触を得る必要がある。上述の構造のLEDにおいてもp型窒化物半導体と、正電極（以下、「p型電極」という。）とで良好なオーミック接触を得ている。同様にn型窒化物半導体と接する負電極（以下、「n型電極」という。）とで良好なオーミック接触を得ている。

【0004】 しかしながら、N型窒化物半導体の物性については十分解明されておらず、より電気特性などが優れ使用環境が厳しい条件下においても作動する半導体装置を再現性良く形成することは難しかった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 このようなn型導電性を有する窒化物半導体（以下、n型窒化物半導体という）の上に形成するn型電極は、順方向電圧の低下、半導体とのオーミック性及び密着性等の性能向上を追求することにより、高度な設計が必要とされるようになった。具体的には、n型電極は、多層膜で形成され、且つ抵抗値を下げるために、各層は薄膜で構成される。しかし、このような薄膜の層を多層膜で形成する際には、量産時において、再現性、同一ウエハ内での素子チップごとのばらつきを生み出す原因となる。

【0006】 具体的には、n型電極を多層膜とし、さらにそれを構成する層のほとんどを数千Å以下の薄膜とすると、製造の安定性、特に素子ごとの膜厚を含めた層構成のばらつきが大きくなる傾向にある。加えて、n型電極として各層を積層した後、多層膜からなる電極の性能向上を目的としたアニーリングなどの熱処理を行うと、上記素子ごとの層の膜厚の変化から、このようなアニーリング効果にもばらつきが生まれる。

【0007】 さらに、上記多層膜の電極では、各層を構成する元素の拡散も無視できず、こうした電極の層構成のばらつきのもと、各層の元素が拡散することは、素子ごとのばらつきを更に増大させるものとなる。

【0008】 以上のような、n型電極に関する問題は、高機能化が求められる素子において、深刻な特性劣化を生み出すこと原因となる。また、このことは、素子そのものの高性能化の速度に、n型電極の性能が追いつけなくなることとなり、窒化物半導体素子の応用においても、深刻な問題になる。

【0009】

【課題を解決するための手段】 本発明は、上記課題を解決するものであり、n型電極の高性能化、及び生産性向上により、多層膜のn型電極が薄膜で構成されることにより、再現性の低下、わずかながらも各層の膜厚が変化することによる素子特性のばらつき、熱処理による元素拡散の制御性の低下が発生を解決する窒化物半導体素子、及びその製造方法を提供するものである。

【0010】すなわち、本発明は、 n 型導電性を有する窒化物半導体上に、電極が設けられた窒化物半導体素子であって、前記電極が、 W を有する第1の層、該第1の層の上に Al を有する第2の層、該第2の層の上に Pt を有する第3の層、該第3の層の上に Au 若しくは Pt を有する第4の層であると共に、該第4の層でもって前記電極が電氣的に接続されることを特徴とする。また、前記第2の層と第3の層との間に、 W 、 Cr 、 Ni 、 Mo 、 Ti からなる群から選択される1種の中間層を有することである。更に、その窒化物半導体素子の製造方法としては、基体上に、 n 型導電性を有する窒化物半導体を形成する工程と、該窒化物半導体上に電極として、 W を有する第1の層、該第1の層の上に Al を有する第2の層、 W 、 Cr 、 Ni 、 Mo 、 Ti からなる群から選択される1種の中間層、該中間層の上に Pt を有する第3の層、該第3の層の上に Au 若しくは Pt を有する第4の層、を形成する工程とを具備してなることを特徴とする。加えて、前記電極を形成した後、該電極のほぼ全面を覆うように第1の保護膜を形成し、該第1の保護膜の上に絶縁性を有する第2の保護膜を形成すること、前記第1の保護膜が W 、 Ti 、 Cr 、 Ni 、 Cu 、 Al からなる群から選択される少なくとも1つの金属であり、前記第2の保護膜が珪素酸化物若しくは窒素酸化物であること、前記第2の保護膜形成後、前記電極上部から開口部を設けて前記第1の保護膜、第2の保護膜の一部を除去して、前記第4の層を露出させることである。

【0011】本願発明は、請求項1記載の構成とすることで、良好なオーミック接触をしつつ、密着力に優れた n 型電極を有する窒化物半導体素子とすることができ、本願発明の請求項2記載の構成とすることにより、各層の構成元素の拡散を適度に抑制し、良好なオーミック接触の n 型電極を有する窒化物半導体素子とすることができる。また、本願発明の請求項3記載の方法とすることで、量産性且つ高機能性に優れる n 型電極を有する窒化物半導体素子を製造できる。本願発明の請求項4記載の方法とすることで、 n 型電極が高度に絶縁され、密着された窒化物半導体素子を製造できる。本願発明の請求項5記載の方法とすることで、 n 型電極が優れた密着性でもって絶縁性の保護膜に覆われ、信頼性の高い窒化物半導体素子を製造できる。本願発明の請求項6記載の方法とすることで、高い量産性の元、信頼性に優れる窒化物半導体素子を製造できる。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明について、1実施形態である図1を用いて詳細に説明する。図1は、模式断面図であり、基体11上に窒化物半導体を積層して、素子構造として発光ダイオードを形成したものである。その層構成としては、活性層13を導電型の異なる窒化物半導体層12、14で挟み込む構造で、基体11の同一面側に、正負電極15、16、その取り出し電極17が

設けられている。

【0013】(n 型電極)本願発明の n 型導電性を有する窒化物半導体用の電極である n 型電極401は、タングステンやアルミニウムの金属及びそれらの合金材料を蒸着材料やスパッタ材料として用いそれぞれ所望の場所に蒸着方法やスパッタリング方法などの種々の方法によって形成させることができる。 n 型電極として積層構造とするためには第1の層を W にし、第2の層を Al とすることによって n 型窒化物半導体と良好なオーミック接触を得ることができる。第1の層の W 、第2の層の Al は合金で形成させてもよい。具体的な合金材料として第1の層には Al 、 Si から選択される少なくとも1種の材料を用い、第2の層に用いられる合金材料としては、 W 、 Cu 、 Si から選択される少なくとも1種の材料があげられる。また、この第1の層、第2の層の上に、第2の層の金属材料とさらにその上に積層された層との合金化を防止するため第2の層よりも高融点材料を第3の層もしくは中間層として積層する。さらに、第3の層上に外部回路との電気接続が良好な金属をさらに第4の層として積層する。具体的な中間層としては W 、 Cr 、 n 、 i 、 Mo 、 Ti やそれらの合金などがあげられ、第3の層としては Pt があげられる。第4の層としては Au 及びその合金が挙げられる。なお、所望に応じてさらに複数の金属多層膜としてもよいが、外部回路と電氣的に接続する n 型電極表面は第4の層とすることが好ましい。またさらに、本願発明の n 型電極は、 Si または/及び Ge が n 型ドーパントとして $2 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ から $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ に含有された n 型窒化物半導体とのオーミック接触及び密着力が特によい。理由は定かではないが、第1の層と n 型窒化物半導体に含有された Si 及び/又は Ge とのなんらかの相関関係が働いていると考えられる。

【0014】本願発明の窒化物半導体素子はアニールを行わなくとも十分なオーミック接触を形成することができるが、より安定で機械的強度の高い半導体素子とするためにはアニールを行っても良い。その場合アニール温度はアニール効果を生じさせると共に、形成された n 型電極と電氣的接続部材や n 型窒化物半導体との密着性などに悪影響が生じないように 350°C 以下であることが好ましい。より好ましくは 80°C 以上 280°C 以下であり、さらに好ましくは 100°C 以上 220°C 以下である。また、アニールは Ar 、 He 、 N_2 などの不活性ガス中において熱処理することが好ましい。この時、本発明では、比較例1と異なり、 Pt を有する第3の層が設けられていることで、熱処理に優れる n 型電極となり、安定してアニーリングによる電極の高機能化を実現できる。

【0015】(窒化物半導体)本願発明に用いられる窒化物半導体は、液相成長法、VPE法(Vapor Phase Epitaxy)、MOVPE法(Metal

Organic Vapor Phase Epitaxy) や MOCVD 法 (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) などにより形成される。半導体素子の構造としては、MIS 接合や PN 接合を有したホモ構造、ヘテロ構造あるいはダブルヘテロ構成、さらにはショットキー接合など所望に応じて種々のものが挙げられる。半導体の材料やその混晶度によって発光波長及び受光波長を紫外光から赤色領域まで種々選択することができる。特に本願発明の n 型電極を用いた場合、窒化物半導体素子に過度の電圧印加をかけずにオーミック接触を得ることができるため半導体が極めて薄い半導体素子において特に有効となる。具体的には、半導体活性層を構成する一層が 100 オングストローム以下の量子効果を有する構造の窒化物半導体素子において特に有用となる。

【0016】窒化ガリウム系化合物半導体は、高温高压下において単結晶として形成することができるため基体を省略することもできるが量産性の観点から基板上に形成させることが好ましい。窒化物半導体を形成させる基板としては、Si、Ge、SiC などの単結晶半導体基板、GaAs、InAs、InP、GaSb、AlN、GaN などの III-V 族化合物半導体基板、サファイヤ (Al₂O₃)、スピネル (MgAl₂O₄)、石英 (SiO₂)、TiO₂、MgO、MgF₂、CaF₂、SrTiO₃、ZnO 等の材料を用いた基板が挙げられる。基板の厚さは形成する半導体装置や基板材料により種々選択することができるが、基板を通して発光または受光させる場合、光の透過率やチップとしての形成のしやすさから薄ければ薄い方が好ましい。一方、素子を形成するプロセス時や取り扱い時においては基板の機械的強度が必要となる。したがって、好ましい基板の厚さとしては、0.01~3.0mm である。より好ましくは 0.05~2.0mm が好ましい。なお結晶性の良い窒化物半導体を形成させるためにはサファイヤ基板を用いることが好ましい。このサファイヤ基板上に格子不整合緩和のために GaN、AlN 等のバッファ層を形成しその上に PN 接合などを有する窒化物半導体を形成させることにより発光素子や受光素子を構成させ得る。

【0017】窒化物半導体は、不純物をドーピングしない状態で n 型導電性を示すが、n 型ドーパントとして Si、Ge、Se、Te、C、Sn 等を適宜導入することが好ましい。また、n 型ドーパントと微量の P 型ドーパントとをドーピングしたダブルドーピングすることもできる。これらのドーパントの種類とドーピング量を変えることによってキャリア密度を制御し電気抵抗を下げることができる。この場合、キャリア密度は $\sim 1.0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上が好ましく、より好ましくは $\sim 1.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上である。一方、P 型窒化物半導体を形成させる場合は、P 型ドーパントである Zn、Mg、Be、Ca、Sr、Ba 等をドーピングさせる。窒化ガリウム半導体は、P

型ドーパントをドーピングしただけでは P 型化しにくい。P 型ドーパント導入後に、低速電子線照射させたり、プラズマ照射等によりアニールさせることで P 型化させてもよい。

【0018】発光観測面側に異なる電極を形成するためには各半導体を所望の形状にエッチングしてあることが好ましい。エッチングとしては、ドライエッチングや、ウェットエッチングがある。ドライエッチングとしては例えば反応性イオンエッチング、イオンミリング、集束ビームエッチング、ECR エッチング等が挙げられる。又、ウェットエッチングとしては、硝酸と燐酸の混酸を用いることができる。ただし、エッチングを行う前に所望の形状に窒化珪素や二酸化珪素等の材料を用いてマスクを形成することは言うまでもない。なお、このようなエッチング面においても本願発明の電極は十分な密着性と電気特性を示す。

【0019】(p 型電極) p 型導電性を有する窒化物半導体の電極である p 型電極は、接触させる p 型窒化物半導体層とオーミック接触させる必要がある。また、p 型電極を介して発光素子として発光させる場合は、金属薄膜等で形成させた透光性 (なお、ここで透光性とは発光素子の発光する光の波長に対して電極を通過すれば良い。) の電極とする必要がある。

【0020】これらの条件を満たす材料として、例えば Au、Ni、Pt、Al、Cr、Mo、W、In、Ga、Tl、Ag、Rh 等の金属及びそれらの合金が挙げられる。また、透光性を有する電極材料として ITO、SnO₂、NiO₂ 等の金属酸化物もあげられる。さらには、これらの上に前記金属薄膜を積層することも可能である。金属等を透光性とするためには蒸着方法、スパッタ方法等を用いて極めて薄く形成させれば良い。また、金属を蒸着あるいはスパッタ方法等によって形成させた後、アニーリングして金属を p 型導電性を有する半導体層中に拡散させると共に外部に飛散させて所望の膜厚 (透光性となる電極の膜厚) に調整させた電極を形成させることもできる。透光性となる金属電極の膜厚は、所望する発光波長や金属の種類によっても異なるが、好ましくは、0.001~0.1 μm であり、より好ましくは、0.05~0.2 μm である。更に、電極を透光性とした場合、p 型電極の形状としては、線状、平面状等目的に応じて形成させることができる。p 型導電性を有する半導体層全体に形成された平面状電極は、電流を全面に広げ全面発光とすることができる。

【0021】さらにまた、p 型電極を極めて薄く形成させた場合、電極上に直接ワイヤーボンディングすると、ボールが接続しにくくなる傾向があるため密着性向上のために p 型電極とは別にボンディング用の台座電極を形成させたり、p 型電極を多層構成とすることが好ましい。台座電極の材質としては、Au、Pt、Al 等を使用することができる。台座電極の膜厚としてはミクロン

オーダーとすることが好ましい。又、p型電極の少なくとも一部を多層構成とする場合、窒化物半導体と接触させる接触電極にはCr、Mo、W、Ni、Al、In、Ga、Tl、Agから選択される金属あるいは、これらの合金が好適に用いられボンディングと接触するボンディング電極としてはAl、Au等の金属あるいはこれらの合金が好適に用いられる。なお、半導体素子通電時、p型電極中にボンディング用電極材料がマイグレーションする場合があるためボンディング用電極Au単体あるいはAl及びCr含有量が少ないAu合金とすることが特に好ましい。なお、p型窒化物半導体の場合は、p型電極材料と半導体材料をなじませオーミック特性を向上させ、さらには窒化物半導体形成時に含有される水素を抜くために400℃以上でアニールすることが好ましい。また、窒化ガリウム半導体の分解を抑制する目的から1100℃以下でアニールすることが好ましい。さらに、アニールを窒素雰囲気中で行うことにより、窒化ガリウム系化合物半導体中の窒素が分解して出て行くのを抑制することができ、結晶性を保つことができる。本願発明においてp型電極のアニール温度がN型電極のアニール温度が高い場合は、p型電極形成後にN型電極を形成させることが好ましい。

【0022】

【実施例】[実施例1] 本発明の1実施形態として窒化物半導体を用いた発光素子について説明する。図1は、その発光素子の構造を示す模式断面図であり、サファイア基板11上に、n型導電性を有する窒化物半導体層12、活性層13、p型導電性を有する窒化物半導体層が順に積層された構造を有する。図1に示すように、各半導体層を積層した後、所定の領域でp型導電性の窒化物半導体層14、活性層13、n型導電性の窒化物半導体層12の一部を除去して、n型導電性の窒化物半導体層に電極を形成するための表面を露出させ、その表面に以下に示すn型電極を形成する。

【0023】 先ずレジスト膜をネガとして形成した後、第1の層としてWを200Å、第2の層としてAlを2000Å、中間層としてWを500Å、第3の層としてPtを1000Å、第4の層としてAuを3500Åをターゲットを変えながらスパッタリング装置により、順に積層した。

【0024】 次に、図2に示すように第1の保護膜として、電極31のほぼ全面となる表面及びその側面を覆うようにNiを60Åの膜厚で形成した後(図2(a))、続いて第2の保護膜33としてSiO₂を3000Åの膜厚で形成する。この時、各保護膜は、スパッタリング装置により形成し、所定のパターンとするためには、リフトオフ法などにより不要となる部分を除去する(図2(b))。

【0025】 第2の保護膜を形成した後、図2(c)に示すように、外部回路と電極とを接続するための開口部

を所定の形状に設けるため、フォトリソマスク34を形成する。続いて、フォトリソマスク34開口部下の第1の保護膜32、第2の保護膜33を除去して、電極31が露出した開口部35を形成する(図2(d))。この時、電極31の一部を除去して電極にも凹部を形成すると、Auからなる第4の層を確実に露出させることができ、外部回路との電気的な接続に有利なものとなり好ましい。なぜなら、第1の保護膜と電極との境界付近では、保護膜材料、電極材料によっては、元素の拡散などにより合金化している場合があり、電極に凹部を形成して、表面から深い位置の電極を露出させることで、この問題を回避でき、電気的な接続が確実に成されるからである。好ましくは、除去する電極として、外部回路との電気的な接続を行う電極表面である第4の層の一部を除去することであり、すなわち、第4の層に凹部を設けることである。ここでは、Auからなる第4の層を、表面から300Åの深さで除去する。

【0026】 この開口部35を設ける工程において、SiO₂よりなる第1の保護膜33を、RIEによってCF₄ガスを用いて除去した後、Niよりなる第2の保護膜32をRIEによって塩素系ガスにArガスを添加したガスを用いて除去し、そのまま引き続いて、電極31の第4の層(Au)を一部除去して開口部を設ける。

【0027】 さらにこのn型電極の上記第1、2の保護膜形成前に、p型導電性の窒化物半導体層14上に、p型電極15、p型取り出し電極16を設けておいて、上述のn型電極の保護膜をp型電極にも設けて、図1に観るような発光素子を得る。

【0028】 図3、4に、実施例1、比較例1で得られた発光素子に、それぞれ550℃、500℃の熱処理をした後、表面から深さ方向への各元素の分布を示す図である。図3では、各層の境界付近では熱処理による元素拡散が認められるものの、第1の層から第4の層までの各層の元素が層構成がはっきりとしており、熱処理において再現性よくアニールされることがわかる。一方、比較例のn型電極である図4では、Alからなる層の拡散がn型電極の全膜厚に及び、多層膜構造が崩れていることがわかる。このことから、比較例の発光素子では、比較的低い温度の熱処理においても、n型電極の機能性は失われる危険性があることを示し、製造において、多層膜の各層の膜厚のばらつきが、元素拡散の不安定につながり、結果としてその拡散が素子特性を劣化させるに至るものが観られた。

【0029】 [比較例1] 膜厚200ÅのW、膜厚2000ÅのAl、膜厚200ÅのW、膜厚3000ÅのAuを順に積層してn型電極を形成する他は、実施例1と同様に、発光素子を得る。

【0030】

【発明の効果】 本発明の窒化物半導体素子は、密着性、オーミック接触に優れた高機能でありながら、再現性に

優れ、高温などの厳しい環境かでの使用が可能である。

【0031】更に、本発明の製造方法によれば、薄膜による多層膜を形成しても、優れた再現性、アニーリングが可能で、素子特性のばらつきが少なく、量産性に優れたn型電極を有した窒化物半導体素子が製造できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の1実施形態を説明する模式断面図。

【図2】本発明の製造方法を説明する模式断面図。

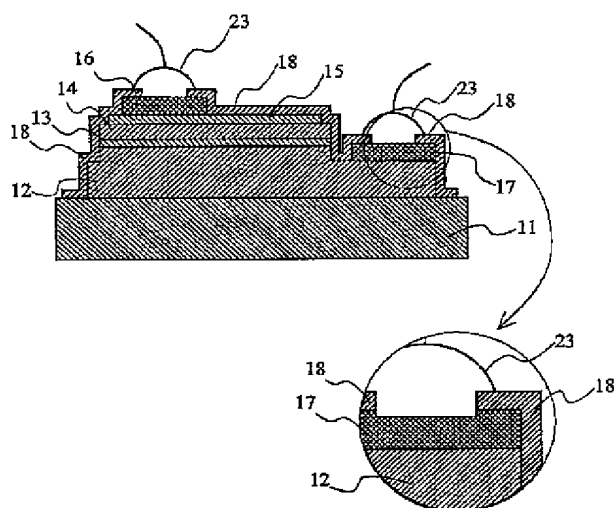
【図3】本発明の1実施形態に係るn型電極の熱処理後の層構成を説明する図。

【図4】本発明の比較例に係るn型電極の熱処理後の層構成を説明する図。

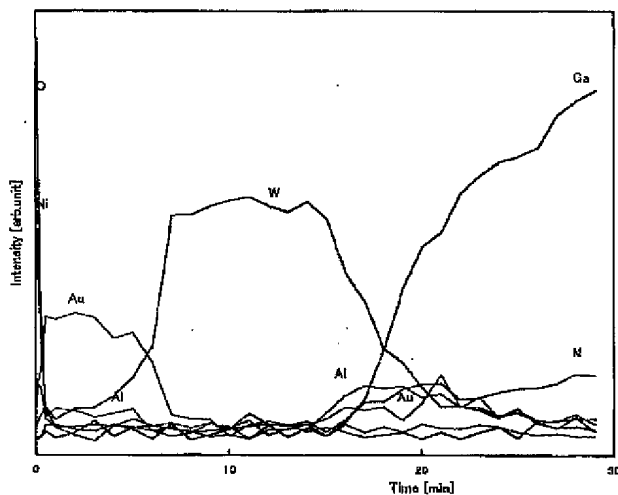
【符号の説明】

- 11・・・基体
- 12・・・n型窒化物半導体
- 13・・・活性層
- 14・・・p型窒化物半導体
- 15・・・p型電極
- 16・・・取り出し電極
- 17・・・n電極
- 18・・・第2の保護膜
- 23・・・ボール（ボンディング部材）
- 30・・・n型窒化物半導体
- 31・・・n型電極
- 32・・・第1の保護膜
- 33・・・第2の保護膜

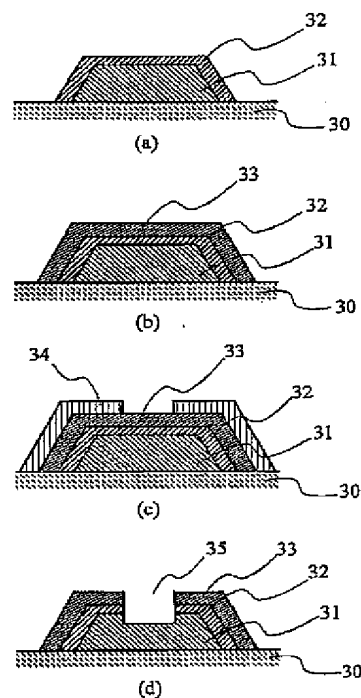
【図1】



【図4】



【図2】



【圖 3】

